

NANOPINTURAS HÍBRIDAS DE ALTO CONTENIDO DE SÓLIDOS PARA LA PROTECCIÓN DE FACHADAS

Carlos A. Giudice ^{1,2} y Guadalupe Canosa ¹

**¹ UTN (Universidad Tecnológica Nacional), Calle 60 y 124, (1900) La Plata,
Argentina**

**² CIDEPINT (Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Pinturas),
Calle 52 e/121 y 122, (1900) La Plata, Argentina**

INTRODUCCIÓN

El patrimonio de muchas ciudades del mundo, representado tanto por sus edificios como por sus obras de arte o sus monumentos, está siendo sometido, desde hace tiempo, a amenazas muchas veces concretadas de degradación, deterioro y hasta destrucción. Es un fenómeno que afecta a urbes grandes o pequeñas, históricas o modernas.

Los materiales de construcción, a pesar de su aparente resistencia, son vulnerables a los agentes exteriores y necesitan una protección eficaz contra la intemperie, contra los gases o vapores industriales e, inclusive, contra la acción de los microorganismos. Entre lo que es necesario proteger están no sólo el acero y la madera, sino también la mampostería. Sólo los frentes de edificios preparados con revoques o con materiales especiales quedarían excluidos de este tipo de tratamiento. Conviene puntualizar que las pinturas, además de la función citada, actúan como factor decorativo, de gran importancia en la presentación final.

El desarrollo de los materiales aplicados en la construcción e industria ha dado un gran impulso para la resolución de muchos problemas de conservación y preservación del patrimonio. Sin embargo, para desarrollar técnicas de intervención es necesario conocer previamente la patología.

Una vez analizada la patología, resulta necesario desarrollar el tema de las terapias que se sugieren al nivel de la experiencia con apoyo de la documentación y el intercambio con distintas fuentes de especialistas.

La utilización de materiales para la limpieza, reparación y protección de superficies se conoce desde la antigüedad, habiéndose empleado colas, adhesivos, impermeabilizantes, limpiadores, etc. ya sea de tipo orgánico o mineral y de origen natural o artificial. En este último caso, los productos de síntesis se han diversificado significativamente, lo cual amplía la gama de materiales disponibles.

Los principales requisitos que deben cumplir estas pinturas son: color y retención del color, aspecto y brillo de la superficie pintada, adhesión, opacidad y resistencia al agua. Además, una pintura para exteriores debe mantener una buena apariencia a través de su uso durante un período prudencial (aproximadamente 5 años), brindar adecuada protección a la superficie y fundamentalmente proporcionar una base satisfactoria para las operaciones de repintado, sin que sea necesario en cada oportunidad eliminar completamente la película original.

Para cumplir con el primero de estos requisitos es necesaria una buena resistencia a la retención de polvo, al tizado, a la decoloración y al desarrollo de microorganismos, principalmente hongos. En caso de aparecer tizado, es decir desintegración del filme debido

al ataque del vehículo por acción de la luz ultravioleta, el mismo sólo podrá tener lugar después de un plazo aceptable y además no deberá ser excesivo, ya que en ese caso afectaría notablemente las características de brillo y color.

Para otorgar adecuada protección las pinturas deberán ser, además, resistentes al cuarteado (“checking”) y al agrietado (“cracking”). Estos son los defectos más graves que pueden aparecer en una película protectora, ya que afectan la integridad de la misma y hacen necesaria la eliminación de la pintura vieja antes del repintado, lo que evidentemente encarece los costos de reparación. El cuarteado es la rotura superficial de la película de terminación; en cambio, el agrietamiento afecta a la totalidad del sistema (pintura de terminación y capas de fondo), pudiendo llegar en los casos de mayor gravedad, a dejar al descubierto la superficie de base.

Un deterioro de esta naturaleza sólo puede ser evitado mediante el uso de productos de buena calidad, que cumplan con las exigencias de las especificaciones. El cuarteado y el agrietado pueden reproducirse aceleradamente en escala de laboratorio mediante la utilización de aparatos especiales denominados Weather-Ometers. El empleo de los mismos permite predecir en un tiempo relativamente breve, el comportamiento de un material en el exterior.

Las pinturas basadas en silicatos como material formador de película no tienen una marcada significación económica, pero constituyen sistemas de protección con una larga tradición. Así, por ejemplo, los silicatos inorgánicos fueron usados por milenios debido a su gran durabilidad: la momificación llevada a cabo por los egipcios y los murales por los romanos involucraban pinturas formuladas con silicatos inorgánicos. Posteriormente, éstas fueron también empleadas para superficies exteriores como productos de alta calidad.

Por otra parte, las dispersiones poliméricas de base acuosa para mamposterías exteriores tienen comparativamente una breve historia; el rápido desarrollo de estas pinturas estuvo basado fundamentalmente en la investigación y en el desarrollo de materiales poliméricos en emulsión.

Las pinturas de base acuosa formuladas con silicatos (generalmente dos componentes) y las del tipo dispersión polimérica (un solo componente) presentan ventajas y desventajas comparativas. Los productos acuosos con silicatos inorgánicos modificados con resinas en emulsión para exteriores constituyen un objetivo de interés con el fin de aunar las propiedades características de cada material en pinturas de un solo componente.

Este artículo incluye algunas conclusiones alcanzadas en experiencias previas relacionadas con las variables de formulación, características de los diferentes componentes y el comportamiento de las películas de pintura en ensayos de laboratorio.

SILICATOS EMPLEADOS COMO LIGANTE

Las pinturas basadas en silicatos se pueden clasificar según si el curado se lleva a cabo por reacción química o tratamiento térmico (silicatos inorgánicos) o por autocurado (silicatos inorgánicos y orgánicos). Dichas pinturas se comportan en forma diferente durante el secado y el curado.

El secado limita el uso de algunas de estas pinturas: las inorgánicas son de base acuosa y no pueden ser usadas a temperaturas inferiores a 0 °C porque se congelan; además no secan si la humedad es muy alta. En condiciones ambientales de 20 °C y 70% de humedad relativa, las películas de 75 µm secan en menos de una hora.

Las basadas en silicatos orgánicos (generalmente de etilo) secan rápidamente sin que incidan en forma significativa la temperatura y la humedad (5 a 10 minutos), pero emplean como solvente mezclas de alcoholes, hidrocarburos aromáticos y glicoles, lo que las hace vulnerables desde un punto de vista ecológico y limita además su empleo, particularmente por las regulaciones vigentes en muchos países; por esta razón no son consideradas en este trabajo (el curado es químico, por reacción con el agua de la atmósfera y liberación de alcohol etílico).

El método de curado es muy diferente de acuerdo con el tipo de pintura; las basadas en silicatos inorgánicos del primer grupo curan por reacción con ciertos reactivos químicos, los que son aplicados a la película seca (por ejemplo solución de ácido fosfórico o de fosfatos orgánicos, con agregado de agentes humectantes y controladores de reacción en pinturas ricas en cinc para facilitar su oxidación y permitir el intercambio del ion alcalino del silicato para causar insolubilidad). El tiempo de curado depende fuertemente de la temperatura; así, por ejemplo, éste no se lleva a cabo a 0 °C, demorando entre 10 y 36 horas para temperaturas comprendidas entre los 5 y 30 °C. El tratamiento exclusivamente térmico para convertir la película en insoluble en agua está vinculado al horneado de la película y puede aplicarse consecuentemente sólo a pequeñas piezas. La temperatura y el tiempo de curado dependen de la formulación: algunos valores oscilan entre 120 y 200 °C durante 1 ó 2 horas.

En los últimos años se han formulado pinturas acuosas a base de silicatos del tipo autocurado, es decir productos que por sus características no requieren el empleo de tratamientos especiales después de su aplicación. Los mismos están basados en la utilización de silicatos de mayor relación sílice / álcali que los usados en las formulaciones iniciales. Estas pinturas curan por la acción del CO₂ del aire y por reacciones químicas internas complejas que incluyen la silicificación reticulada del material formador de película con los pigmentos y eventualmente con el sustrato. La temperatura igualmente influye en forma marcada: no cura a 0 °C; involucra 7 días a 5 °C; 1 a 3 días a 20 °C y aproximadamente un día a 30 °C.

Los silicatos inorgánicos solubles en agua generalmente se preparan partiendo de arena silícica fundida y un carbonato alcalino, disolviendo luego esta mezcla en agua. Las primeras composiciones incluyeron silicato de sodio, pero actualmente se recomienda el silicato de potasio ya que las pinturas formuladas con este último no desarrollan la eflorescencia blanca característica del carbonato de sodio, tienen menor alcalinidad y presentan mayor resistencia al agua. La eficiencia en pinturas autocuradas aumenta con la relación sílice / álcali tanto en formulaciones con silicato de sodio o con silicato de potasio solos o bien mezclados entre sí. Las mejores relaciones molares SiO₂ / Na₂O y SiO₂ / K₂O oscilan entre 4,0 / 1,0 y 5,0 / 1,0 mientras que la relación en peso de sólidos entre ambos silicatos es aproximadamente 1. Los sólidos porcentuales en peso de las soluciones de silicatos inorgánicos alcalinos están generalmente comprendidos entre 28 y 30%, dependiendo de la relación sílice / álcali.

Las soluciones de silicato de litio producen vehículos estables, preparándose con una significativamente mayor relación SiO₂ / álcali (6,0 / 1,0 a 8,0 / 1,0). Las pinturas basadas en estos silicatos generan por autocurado películas de elevada resistencia a la abrasión y durabilidad al exterior; sin embargo, su costo elevado ha limitado su empleo en escala comercial.

Las pinturas que incluyen silicatos inorgánicos que secan por evaporación del agua y que curan por la acción del CO₂ del aire (el proceso de formación de la película es químico y no físico) presentan obviamente ventajas comparativas con las anteriores y son las que actualmente en forma gradual registran una mayor aceptación en el mercado.

Las ventajas generales en forma comparativa, que presentan las pinturas basadas en ligantes con silicatos inorgánicos con respecto a aquéllas que incluyen resinas en su composición, son la excelente resistencia a la exposición a la luz (particularmente la fracción ultravioleta) y al agua, lo cual le confiere una larga vida en servicio; así, por ejemplo, en exposiciones a la intemperie durante años, no se observa tizado de la película por degradación del ligante manteniendo los altos valores iniciales de resistencia a la abrasión.

Otra ventaja significativa de la silicificación reticulada es que conduce a la formación de películas de poro abierto, lo cual permite al vapor de agua difundir fácilmente a través de la misma; esto último previene la formación de ampollas y posterior desprendimiento de la película. Por lo tanto, se puede aseverar que las pinturas basadas en silicatos inorgánicos son eficientes para la conservación y preservación de monumentos, estructuras históricas y edificios arquitectónicos en los cuales la humedad acumulada en la interfase sustrato / película (superficies metálicas) o bien en el propio sustrato absorbente (madera, mampostería, hormigón, etc.) puede disiparse como vapor hacia el exterior sin afectar la adhesión.

Sin embargo, estas películas de poro abierto presentan elevados coeficientes de absorción de agua, lo que significa que el agua líquida puede penetrar a través de la película muy fácilmente en sustratos porosos; esta reducida capacidad protectora constituye la mayor desventaja de las películas curadas basadas en silicatos inorgánicos.

En lo referente a la adhesión de la película y debido al propio proceso de curado, generalmente se observan altos valores en sustratos adecuadamente preparados, particularmente en superficies de hierro y acero con los que se registra una fuerte interacción química. Sin embargo, en sustratos porosos (mampostería, cemento, etc.) se detecta otra importante desventaja cuando los mismos están contaminados por el medio (grasas, aceites, hollín, etc.) ya que la adhesión de la película es generalmente pobre.

Otra desventaja, asociada a la aplicación de la pintura, es que ésta generalmente se provee en dos envases: uno contiene los pigmentos y el segundo, los restantes componentes. Ellos deben mezclarse previo a su empleo, durante un lapso habitualmente prolongado (en algunos casos 24 horas) según las indicaciones del fabricante, ya que se comportan mejor que los mismos productos aplicados inmediatamente después de su preparación; exhiben además un corto tiempo de vida útil de la mezcla, lo cual condiciona la cantidad a preparar, debido al incremento de viscosidad e inclusive solidificación por reacciones químicas entre los pigmentos y los silicatos alcalinos. La edad de la pintura preparada es una variable de significación.

Finalmente, la aplicación de pinturas basadas en silicatos inorgánicos puede realizarse con pincel, rodillo e inclusive con soplete con o sin aire comprimido, ya que el desarrollo de los materiales permite la fabricación de estos últimos equipos resistentes al desgaste abrasivo.

DISPERSIONES POLIMÉRICAS COMO MATERIAL FORMADOR DE PELÍCULA

Las características de ciertos polímeros (compuestos de elevado peso molecular, formados por adición de moléculas sencillas unitarias denominadas monómeros) hacen imposible su utilización como sustancias formadoras de película por solubilización (dispersión molecular).

La diferencia fundamental entre un látex y una emulsión reside en el hecho de que el primero es el resultado de la dispersión de un sólido resinoso en agua, mientras que la emulsión es una dispersión de un líquido insoluble en otro. Esta diferencia estructural de la película trae como consecuencia una mayor resistencia al agua de las pinturas al látex con respecto a las pinturas emulsionadas, hecho éste que ha motivado su rápida popularización.

El vehículo de las pinturas al látex se obtiene generalmente por polimerización en emulsión de monómeros no saturados (ésteres del ácido acrílico o metacrílico) y se presenta comercialmente como sistema estable, coloidal, de aspecto lechoso; el pigmento se encuentra disperso en la fase acuosa.

Las dispersiones poliméricas en agua incluyen diámetros de partículas que oscilan generalmente entre 0,1 a 5,0 μm ; estas partículas usualmente son esféricas y sólidas o bien muy viscosas. Los sistemas de dispersión fina abarcan diámetros de 0,1 a 0,5 μm , la mediana hasta 2,0 μm y la gruesa hasta 5,0 μm , existiendo algunas veces poca y en otras mucha diferencia de tamaño (homogéneos y heterogéneos, respectivamente). El contenido de sólidos se encuentra comprendido entre 45 y 65 %, siendo el valor más frecuente el de 50 % en peso. La estabilidad de las dispersiones poliméricas se logra empleando coloides protectores.

Las dispersiones poliméricas generalmente están compuestas por varios polímeros. La selección de los monómeros, el mecanismo de plastificación (interno o externo), las condiciones de elaboración y el tipo de coloide protector son importantes variables que definen las propiedades finales de la dispersión polimérica: viscosidad, temperatura mínima de formación de película, resistencia a la saponificación, comportamiento a la intemperie, estabilidad en el envase, diámetro medio y distribución de tamaño de la partícula polimérica y además capacidad ligante de las partículas del pigmento.

Las dispersiones poliméricas más importantes incluyen resinas sintéticas, tales como polímeros de acetato de vinilo, estireno, propionato de vinilo y derivados del ácido acrílico.

El mecanismo de formación de película de pinturas formuladas con dispersiones poliméricas es muy complejo y además totalmente diferente del que presentan los sistemas de base solvente. Luego de finalizada la aplicación de la película, las partículas del polímero se mueven libremente y prácticamente no están en contacto entre sí; durante el secado, producido por evaporación del agua de la superficie de la película y por absorción del sustrato si éste resulta poroso, las distancias interparticulares disminuyen. Las fuerzas capilares crecientes generadas por la tensión superficial (meniscos de agua más cóncavos entre las partículas ubicadas a menor distancia por la pérdida de agua) conducen a una significativa contracción de la película; a medida que este proceso avanza se produce la transición al estado de aglomeración de mayor densidad. Las partículas prácticamente no pueden moverse, las fuerzas capilares son elevadas y superiores a las fuerzas de repulsión: las partículas poliméricas, ayudadas por la presencia de agentes coalescentes (generalmente solventes orgánicos), se sueldan entre sí a temperatura ambiente y por deformación llenan completamente todos los intersticios; como consecuencia se forma una superficie no totalmente lisa.

El estado de equilibrio final antes descripto generalmente se alcanza luego de varios días, dependiendo de la formulación y las condiciones ambientales. Para una correcta formación de película, la temperatura del medio debe ser superior a la temperatura de transición vítrea T_g del sistema (la T_g de la resina aumenta con la incorporación del pigmento), ya que por debajo de ese valor el polímero se encuentra en estado vítreo y en consecuencia la coalescencia no es posible. En general los polímeros duros tienen una T_g alta mientras que los blandos un valor inferior; la copolimerización de monómeros duros y blandos permite ajustar la T_g según cada requerimiento en particular.

La experiencia indica que con un valor de T_g inferior a 5 °C no se necesita agente coalescente para la formación de la película; sin embargo, sus propiedades mecánicas luego del secado / curado (resistencia a la abrasión húmeda y lavabilidad particularmente)

disminuyen en forma inaceptable, lo que obliga al empleo de mayores contenidos porcentuales de resina en la pintura con el consiguiente incremento de costos.

Consecuentemente, con resinas de Tg superior a 5 °C se requiere, para formar una película homogénea, una plastificación exterior (adición de agentes coalescentes); los productos no volátiles permanecen en la película y disminuyen las propiedades mecánicas mientras que los disolventes de punto de ebullición elevado presentan una acción coalescente eficiente y transitoria: la partícula del polímero lo absorbe produciendo una disolución superficial que favorece la fusión en frío y finalmente se evapora. El tipo y contenido de agente coalescente se deben determinar en ensayos de laboratorio.

El mecanismo físico de formación de película de pinturas al látex conduce, como se mencionara, a sistemas compactos y generalmente de muy baja permeabilidad al vapor de agua. El proceso difusional es lento y el agua acumulada a través del tiempo en la interfase sustrato / película o bien absorbida por el sustrato previo a la aplicación de la pintura o ya en servicio puede generar ampollamiento por no poder disiparla adecuadamente en forma de vapor.

Esto constituye la principal desventaja comparativa de las pinturas basadas en la dispersión acuosa de polímeros conjuntamente con la reducida resistencia a la luz solar por la degradación de sus componentes orgánicos.

Sin embargo, y dado que usualmente se evalúa también la capacidad de protección del sustrato en términos de absorción de agua, las pinturas al látex presentan coeficientes muy bajos y a la vez menores que las pinturas formuladas con silicatos alcalinos; este efecto protector resulta una de las principales ventajas que exhibe este tipo de pinturas.

FORMULACIÓN DE PINTURAS BASADAS EN SILICATOS ALCALINOS Y DISPERSIONES POLIMÉRICAS

Los más importantes componentes de estas pinturas son los silicatos inorgánicos solubles en agua, los polímeros en dispersión acuosa, el pigmento que confiere poder cubriente, los extendedores y los aditivos. Una formulación y líneas generales de la manufactura se observan en la Tabla I.

La solución de $\text{SiO}_2 / \text{K}_2\text{O}$ (relación desde 4,5 /1,0 a 5,0 /1,0 con un nivel de sólidos en peso de aproximadamente 30%, densidad de sólidos $1,85 \text{ g.cm}^{-3}$) resulta, como ya se mencionara, eficiente como material inorgánico formador de película. Seleccionar un silicato alcalino adecuado es muy importante ya que exhibe una significativa influencia sobre la resistencia al tizado de la película en servicio.

Los silicatos alcalinos tienen en solución un elevado valor de pH (generalmente superior a 11); este aspecto debe ser considerado en el momento de seleccionar los restantes componentes de la formulación, los cuales deben ser resistentes a la saponificación. Particularmente las dispersiones poliméricas no deben alterarse en ese medio para conferirle a la pintura sus propiedades características.

Las resinas acrílicas estirenadas y las resinas acrílicas puras en dispersión acuosa (generalmente 50% en peso de sólidos, densidad del polímero $1,10 \text{ g.cm}^{-3}$) son resistentes a la saponificación, prueba de esto es que las pinturas al látex basadas en ellas se aplican sobre cemento y hormigones con excelente comportamiento durante su vida útil; la temperatura de transición vítrea Tg debe estar comprendida entre 5 y 10 °C, dependiendo de las condiciones ambientales. El aguarrás mineral puede ser empleado como coalescente ya que el mismo no reacciona con el silicato de potasio.

La Tabla I permite concluir que el silicato de sodio / resina acrílica estirenada están presentes en una relación volumétrica prácticamente 1 / 1 (más precisamente 3,9 / 4,1) lo cual indica que ambos formadores de película tienen considerable influencia sobre las propiedades finales.

El pigmento que otorga poder cubriente a la película debe ser preferentemente inorgánico, lo cual implica que los colores están más restringidos que en las pinturas al látex. El dióxido de titanio es habitualmente el seleccionado, aunque debe considerarse el tipo comercial que no presente un incremento de viscosidad en el envase por saponificación de la sustancia orgánica que reviste a las partículas para mejorar fundamentalmente su dispersión.

Tabla I. Formulación base de una pintura acuosa basada en un silicato alcalino, modificada con una resina acrílica estirenada en emulsión

Componentes	% en peso	Condiciones operativas*
Agua	20,0	Baja velocidad (aprox.700 rpm)
Antiespuma	0,2	
Aditivos reológicos	0,6	
Preservadores (fungicida, etc.)	0,4	
Agente dispersante	0,2	Baja velocidad (aprox.700 rpm)
Agente estabilizante	0,3	
Silicato alcalino (solución 30 %)	0,5	
Dióxido de titanio	10,0	Dispersión hasta el grado deseado, a alta velocidad (aprox.1500 rpm)
Extendedores	30,0	
Aguarrás	0,7	Baja velocidad (aprox.700 rpm)
Resina acrílica estirenada (emulsión 50 %)	9,0	
Silicato alcalino (solución 30 %)	23,5	
Antiespuma	0,2	
Aditivo hidrofóbico (resistencia al agua)	0,3	
Agua	4,1	

- Dispersor de disco de alta velocidad (Dissolver)

En lo referente a los extendedores, éstos presentan también una gran influencia sobre diferentes propiedades (comportamiento reológico, estabilidad en el envase, resistencia a la intemperie, etc.). El silicato de aluminio y el silicato de magnesio son muy eficientes, ya que intervendrían en la silicificación reticulada que produce el silicato alcalino formador de película por su afinidad química con estos extendedores; el carbonato de calcio genera películas con menor resistencia al tizado que los anteriores.

La PVC (concentración de pigmento en volumen) de estas pinturas está ubicada alrededor del 65%, dependiendo de la formulación; valores de PVC inferiores y particularmente superiores al citado anteriormente generan películas de reducidas propiedades y de menor resistencia a la intemperie.

Los aditivos seleccionados deben igualmente ser resistentes a la saponificación para evitar el cambio de propiedades en el envase. Los agentes dispersantes y estabilizantes, los espesantes y modificadores reológicos, etc. preferentemente deben ser inorgánicos.

Los preservadores (fungicidas y algicidas) deben ser eficientes en la película en servicio, en donde el pH es aproximadamente neutro debido a la silicificación durante el curado (preservadores para su acción en el envase no son requeridos ya que el pH fuertemente alcalino tiene un marcado efecto protector).

PROPIEDADES DE LAS PINTURAS BASADAS EN SILICATOS ALCALINOS MODIFICADAS

La formulación base de la Tabla I conduce a películas de pintura con valores de permeabilidad al vapor de agua y coeficiente de absorción de agua satisfactorios, alcanzando un grado de compromiso aceptable entre el comportamiento por separado de las pinturas basadas en silicato de potasio y en la dispersión de la resina acrílica estirenada. Esto significa que ambos formadores de película, en la relación volumétrica indicada, conforman un sistema en el que la absorción de agua disminuye por la incorporación al silicato alcalino de la dispersión polimérica, pero manteniendo una película de poro abierto que permite disipar el vapor de agua.

Las propiedades físicas de la película preservan el carácter inorgánico intrínseco del silicato alcalino y el comportamiento propio de las dispersiones poliméricas. En resumen, las principales ventajas son las siguientes:

- Se elaboran en un solo envase, con una adecuada estabilidad (se prolonga la vida útil que exhibe la mezcla de dos componentes de la pintura inorgánica).
- Presentan elevada resistencia a la acción de los microorganismos en el envase, debido al pH fuertemente alcalino.
- Pueden ser adelgazadas con agua, diluyente económico, no contaminante y no inflamable; todos los elementos y equipos involucrados pueden ser limpiados también con agua.
- Son fáciles de aplicar con pincel, rodillo y soplete. Secan rápidamente por pérdida de agua. El olor desaparece más rápidamente que con los acabados tradicionales.
- Exhiben mejor aspecto superficial sobre sustratos con zonas de diferente porosidad ya que el material formador de película no es absorbido por el mismo.
- Muestran una adhesión a sustratos porosos contaminados fuertemente incrementada debido a la incorporación al ligante inorgánico de la resina dispersada.
- Tienen una excelente resistencia a la luz solar, particularmente a la radiación ultravioleta (resistencia al tizado, cuarteado, agrietado, escamación, etc.) debido al ligante mineral de su composición.
- Ofrecen una equilibrada resistencia al pasaje de vapor de agua que evita la formación de ampollas y el posterior desprendimiento de la película.
- Presentan buena lavabilidad y las manchas se eliminan fácilmente.
- Son resistentes a los álcalis y por lo tanto pueden emplearse en la protección de concretos y revoques relativamente frescos.

Finalmente, algunos inconvenientes relacionados con el uso de este tipo de pinturas deben ser mencionados explícitamente:

- Presentan un poder cubriente en general inferior al de las pinturas al látex.
- Exhiben una difícil remoción de películas envejecidas debido a su buena resistencia a los álcalis y disolventes.
- Pueden saponificar películas aplicadas basadas en dispersiones poliméricas o emulsiones; en estos casos el repintado debe contemplar la eliminación del esquema existente.
- Se elaboraran con colores limitados, dado que los pigmentos deben ser preferentemente inorgánicos para evitar reacciones no deseadas en el envase.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas) y a la UTN (Universidad Tecnológica Nacional) por el apoyo brindado para el desarrollo de las experiencias en diversos proyectos cuyas conclusiones están incluidas en el presente trabajo.